

既設橋に予備せん断システムを適用した地震時の応答

オイレス工業(株)正会員 ○宇野裕恵 正会員 五十嵐隆之 (株)高速道路総合技術研究所 正会員 広瀬 剛
(同)防災構造工学研究所 フェロー会員 川神雅秀 (株)アーク情報システム 正会員 内藤伸幸

1. 目的

既設橋に予備せん断システム¹⁾を適用した場合の動的挙動をケーススタディし、背面土の抵抗も考慮して耐震性の改善効果を確認した。

2. 予備せん断システム

一般的な地震時水平力分散構造²⁾は図-1(a)のように標準温度で支承を鉛直に設置するのが基本であるが、予備せん断システムは図-1(b)のように橋台のゴム支承に予備せん断を与えておく耐震システムである。常時および地震時における橋台上の支承の変形状態を図-2に示す。

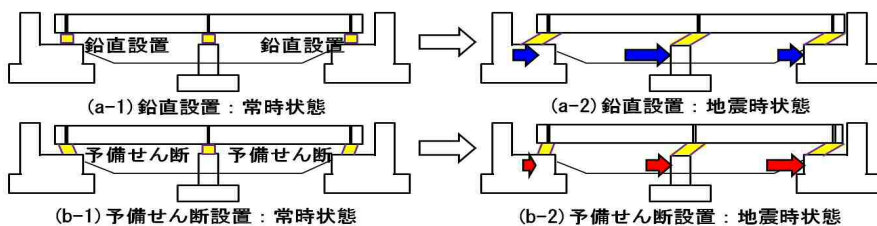


図-1 橋台に設置する予備せん断変形を与えたゴム支承の模式

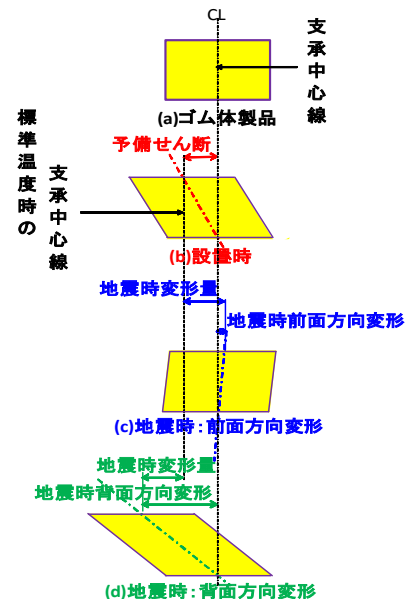


図-2 ゴム支承の変形状態

3. 予備せん断システムの検討条件

ゴム支承には分散ゴム支承(RB)または免震支承(LRB)を想定し、LRBは免震と非免震の2ケースとした。ゴム支承の平面形状は□400, 500, 600の3種類、総ゴム層厚を50mmとし、予備せん断変位量を20mmとして常時のせん断ひずみを70%以下³⁾にした。地震時のゴム支承の許容変位は125mmになるが、桁遊間を100mmに設定し、余裕量を考慮して橋台背面方向には85mmを設計可能変位とした。橋脚上の支承は、固定とする場合と橋脚に作用する水平力が降伏耐力と仮定したすべり摩擦状態の2種類とした。橋台は背面土のN値を0, 5, 10の3通りに設定し、背面土の抵抗をケーソン基礎²⁾に準じて設定した。地震波は道示レベル2タイプII²⁾の3波を入力するが、支承や橋台の履歴形状が非対称になるため、正方向と負方向に入力して大きい方の応答値より3波平均で評価した。

4. 検討対象橋

検討対象橋は既設橋を参考に、図-3に示す支間32mの1点固定の鋼2径間連続非合成鈹桁(4本主桁)とした。死荷重反力は、橋台で36,451kN、橋脚で66,764kNである。橋脚の許容塑性率は、

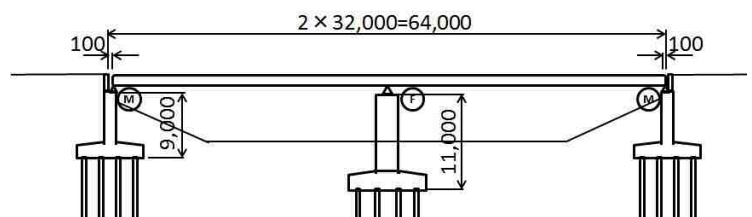


図-3 検討対象橋の模式一般図

非免震橋および免震橋でそれぞれで4.32および2.66である。橋台基部の前面方向および背面方向の降伏モーメントはそれぞれ7,458kN・mおよび11,798kN・mである。地盤種別はII種地盤である。

5. 動的解析による予備せん断の検証

支承の減衰定数を3%、基礎ばねと背面土の減衰定数を10%とし、背面土を地盤反力係数を用いて圧縮側のみに有効なスリップモデルのばねに評価して、非線形時刻歴応答解析を行った。支承変位、橋脚塑性率および橋台基部曲げモーメントをそれぞれ図-4、図-5および図-6に、添字の(a)および(b)は予備せん断無および有として左右に示す。予備せん断有の場合、無に対して前面方向の支承変位および橋台基部曲げモーメントの低減を、背面方向には背面土の抵抗を期待している。

キーワード ゴム支承, LRB, 耐震補強, 予備せん断, 橋台, レベル2地震動

連絡先 〒541-0053 大阪府大阪市中央区本町4丁目6番7号 本町スクエアビル TEL06-6267-0855 FAX06-6267-0857

図中記号 6: □600 5: □500 4: □400/F: 橋脚固定 M: 橋脚可動/LRB免: LRBで免震設計 LRB非免: LRBで非免震設計

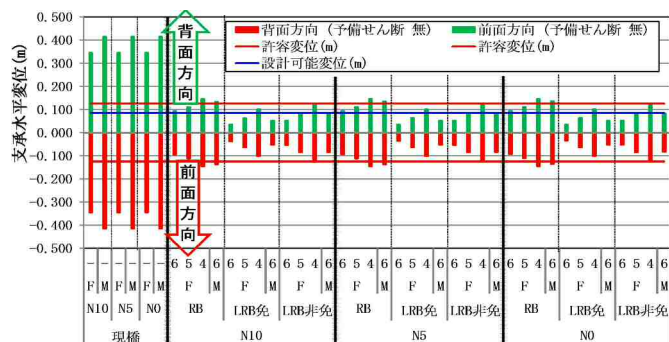


図-4(a) 支承水平変位 (予備せん断無)

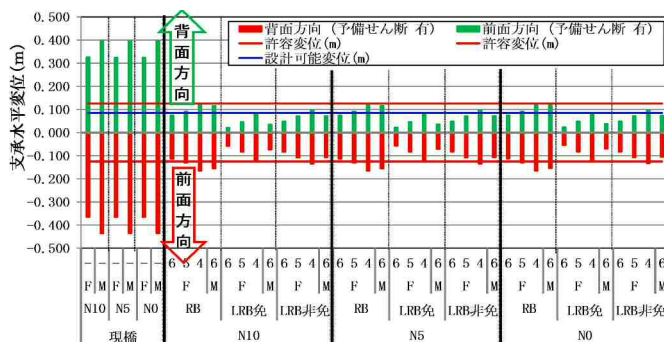


図-4(b) 支承水平変位 (予備せん断有)

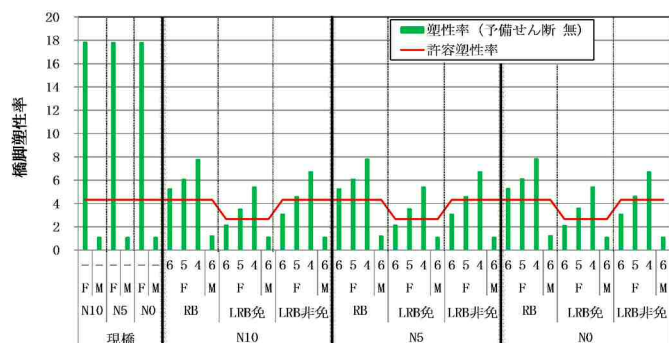


図-5(a) 橋脚塑性率 (予備せん断無)

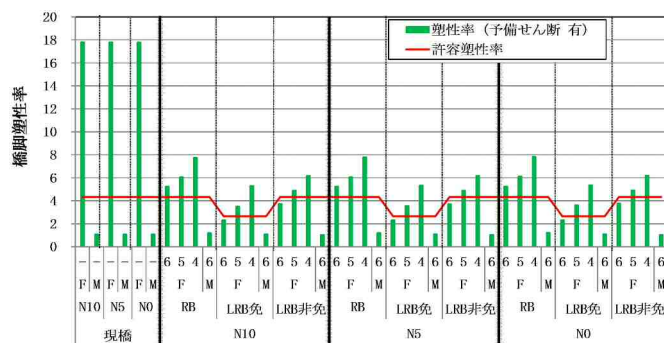


図-5(b) 橋脚塑性率 (予備せん断有)

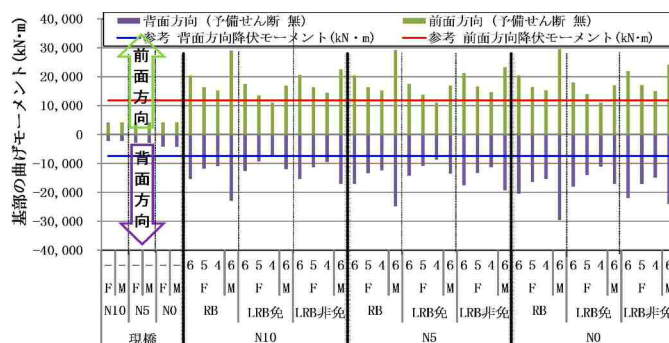


図-6(a) 橋台基部の曲げモーメント (予備せん断無)

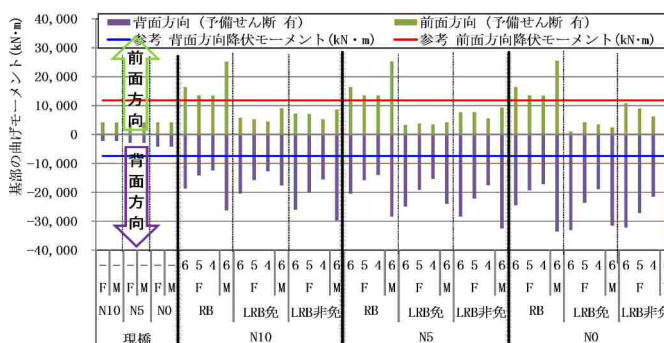


図-6(b) 橋台基部の曲げモーメント (予備せん断有)

耐震対策していない現橋では、支承変位は桁遊間および許容せん断ひずみ相当変位を大きく超過し、橋脚塑性率は許容塑性率を大きく超えるので耐震補強が必要である。

RBを用いた場合、支承変位、橋脚塑性率は□600でも許容値を超える。支承形状を大きくすると、橋台はさらに耐震性を満足しないためRBの適用は難しい。

LRBを用いた場合、支承変位は免震□500、非免震□600で満足できる。橋脚塑性率は予備せん断、N値の影響は小さく、□600程度必要である。橋台基部の曲げモーメントは免震が非免震より小さく、予備せん断により表-1のように前面方向の応答を背面方向に大きくシフトできるが、背面方向に大きくなる。また、N値を大きくすると背面方向の応答は低減される。特に、LRBは非線形性による低ひずみ域での予備せん断の効果が大きい。なお、橋脚を可動とするより塑性化させた方が、全体系として耐震性を満足させやすい。

6. まとめ

本橋への予備せん断システムはRBでは耐震性を満足するのは難しいが、LRBで背面土の受動土圧を考慮して形状を調整すれば満足できそうであり、免震設計により設計した方が橋台の耐震性を満足させやすい。

参考文献 1)宇野, 松田, 川神, 五十嵐: 既設橋に予備せん断したゴム支承用いた耐震補強工法の提案, 第71回土木学会年講, 2016, 2)日本道路協会: 道路橋示方書耐震編, 2012, 3)日本道路協会: 道路橋支承便覧, 2004

表-1 LRB免震□600の橋台基部曲げモーメント

曲げモーメント	予備せん断	N値10	N値5	N値0
前面方向	無	17.410	17.641	18.019
	有	5.751	3.367	1.008
背面方向	無	-12.545	-14.357	-18.019
	有	-20.474	-24.976	-33.037